



TITLE:

3.銅酸化物高温起伝導体の磁氣的相互作用(新潟大学大学院理学研究科物理学専攻,修士論文題目・アブストラクト(1990年度))

AUTHOR(S):

森, 哲

CITATION:

森, 哲. 3.銅酸化物高温起伝導体の磁氣的相互作用(新潟大学大学院理学研究科物理学専攻,修士論文題目・アブストラクト(1990年度)). 物性研究 1991, 57(1): 95-96

ISSUE DATE:

1991-10-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/94759>

RIGHT:

ことが知られている。これらはバンド理論で説明できないばかりか、強結合相を作用のいろんな現論による説明の試みをも今のところ拒んでいる。一方、最近の角度分解光電子放出の実験によると、これらの超伝導体では大きなフェルミ面が見つかっており、これは定性的にはバンド計算の結果と一致している。また超伝導状態になると、フェルミ面のところにバンドキャップが現われる様子も実験的に見つかっている。

本研究は、2次元 CuO_2 ハミルトニアンに基づいて、その準粒子のフェルミ液体状態での性質から、上記のようなフェルミ液体描像と一方で矛盾し一方で矛盾しない如く見える多くの実験事実を理解できるとの考察に基づいて、その平均場の基底状態を中心に調べたものである。理論的方法としては、強相関係を扱う為に重い電子系の研究などで開発された、スレーブボソンの方法を用い、正孔、電子の全ドーピング領域に亘って調べてある。計算は連立積分方程式を系統的に解くもので、このような精密な計算はスレーブボソン法でも他にないものである。結果についてはホールドーブでは正孔は主に酸素軌道に、電子ドーブでは銅の 3d 軌道に入り、光吸収の実験結果を説明できる。ホール係数の計算では、準粒子が担う電子の電流密度と準粒子のフェルミ面のドーピング依存性から、ホール係数のドーピング依存性のなぞが説明できることが分った。最後に、光電子スペクトルの計算の為にこの研究で導いた、銅 d 電子のグリーン関数は、その自己エネルギーを正しく取り込んで閉じ形で初めて求めたもので、最近 Doniach 等によって出されたものより正確で、きれいな形になっている。

3. 銅酸化物高温超伝導体の磁氣的相互作用

森 哲

銅酸化物高温超伝導体はドーピングのない化合物において、いずれの場合も高い温度 (250 ~ 300K) で反強磁性相に転移し、その反強磁性相互作用定数 J の非常に大きな物質であることが分っている。高温超伝導は、この状態に少量のキャリアをドーブすることによって現われるので、そのメカニズムを研究するために、反強磁性状態がドーピングによってどのように壊れていきどんな基底状態が出現するかについて、理論、実験、両面から精力的な研究が現在行われている。このような物質の反強磁性状態は陰イオンのスピンを媒介とした超交換相互作用で実現していることは古くから知られていたが、ドーピングによるその消失のメカニズムや消失後に現われる新しい状態については、高温超伝導体の発見までは殆ど研究されていなかった。また、その後の研究においても、通常の t - J モデルやハバードモデルに代表されるように超交換相互作用定数 J_S を一定にした、 $-\sum_{\langle ij \rangle} J_S \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j$ のハミルトニアンを用いて、銅サイトの反強磁性状態やそのゆらぎと超伝導の関係を研究したものが主流である。しかし、ドーブされたホールはほとんど酸素軌道に入ることが分っており、酸素スピンを媒介として生じている超交換相互作用の結合定数 J_S はドーピングと共に著しく減少する筈である。

本研究は、このような動機のもとに、反強磁性的な超交換相互作用 J_S のドーピング δ 依存性と共に、同時にドーピングによって現われる RKKY 交換相互作用 J_R の依存性を系統的に調べたものである。この効果の研究は、近年モスクワの Gorkov グループやシカゴ行の Leoin グループでも行われているが、ここでは 2 次元 (2D) CuO_2 格子の現実的モデルに基づいて、 J_S や J_R の δ 依存性を具体的に示した。また、これらの相互作用定数の表式を具体的に検討し、ドーピングによる J_S や J_R の特徴的変化の様子や、クーロン反発 U_d や酸素 p バンド幅による影響を理解することが出来た。これら相互作用の基本的な物理は、 J_S は銅スピンと埋っている酸素スピン間の反強磁性的結合が 2 回行われる銅サ

イト間の反強磁性的相互作用であるのに対して、 J_R は酸素スピンの銅スピンに対する反強磁性的分極を媒介とする、銅サイト間に生じる強磁性的相互作用である。酸素バンドのドーピングによるこれらの変化が J_S や J_R の δ 依存性を決めている。これらの結果は、 J_S や J_R の δ 依存性が大きいので、今後の磁気相や超伝導相の研究に考慮されなければならないことを示している。

4. 逆磁場配位 (FRC) プラズマの傾角モード安定性

菅 野 龍太郎

FRC の配位そのものを壊してしまう内部傾角モード不安定性は、最近、最も関心がもたれている研究テーマの1つである。この不安定性は、プラズマ電流が反磁性であるために、それによって、誘導される自己磁場が、外部から印加された磁場の向きと逆になることに起因する。理想 MHD 理論によれば、FRC は、モードの成長時間 $1 \sim 5 \mu\text{sec}$ 程度で崩壊すると予想されるが、実験では、その寿命は $100 \sim 450 \mu\text{sec}$ 程度で、予想よりも安定であることがわかっている。

Steinhauer と Ishida [1] は、ジャイロ粘性の効果を考慮することにより、従来の安定性理論を大幅に改良し、安定-不安定境界のスケーリングを求めることを容易にした。この SI 理論の弱点は、現在の実験における偏長度 $E = 3 \sim 10$ の領域の安定-不安定性境界が十分に明確にできなかったことである。

本論文では、FRC における内部傾角モードの安定性について考察することにし、その安定性解析は、SI 理論にしたがうことにした。

以下のような結果を得た。

1. SI 理論の弱点を改良し、 $E = 3 \sim 10$ の領域の安定-不安定境界を明確にした。
2. 安定-不安定境界のスケーリング (s/E) について、Tuszewski et al. [2] の最近の実験とほぼ一致する結果を得た。(ただし、 $s \sim a / \langle f_i \rangle$ 、 $E = l_s / 2a$; a は FRC のセパトロリクス半径、 l_s は、セパトロリクスの長さ、 $\langle f_i \rangle$ は、実効的なイオンのラーモア半径。)
3. 磁場の弱い 0-point 付近の面積を広げると、傾角モードは、より安定化するということがわかった。

参考文献:

- [1] L. C. Steinhauer, A. Ishida, Phys. Fluids B 2 (1990) 2422
- [2] M. Tuszewski, D. Barnes, J. Cobb, R. Crien, D. Rej, D. Taggart, R. Siemon, B. Wright, LANL Report LA-UR-90-2704, submitted to PRL.

5. 非結晶 $\text{Ge}_x\text{S}_{1-x}$ 及び $\text{Ge}_x\text{Se}_{1-x}$ 化合物の構造

笛 木 信 宏

金属にしる半導体にしろ、アモルファスと名のつく物質材料の研究が今日のように多くの人々の関心を爆発的に集めだしたのはほんのここ数年のことである。これらのアモルファス物質は対応する結晶と比較して材料特性という点で優れた面を持つことがまず注目され、応用、実用化が先行し、基礎